

ANEJO N°6: DISEÑO DE EQUIPAMIENTOS



Celia Traver Abella



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. OBJETO DEL DOCUMENTO | 2 |
| 2. DRENAJE | 2 |
| 2.1. Obtención del caudal de referencia | 2 |
| 2.2. Diseño del drenaje | 3 |
| 2.3. Comprobación del sumidero | 4 |
| 3. PAVIMENTO..... | 5 |
| 3.1. Pavimento urbano..... | 5 |
| 3.2. Pavimento de la calzada | 5 |
| 3.3. Carril bici..... | 7 |
| 3.4. Capa de estanqueidad..... | 7 |
| 4. DEFENSAS | 8 |
| 4.1. Barandillas sobre pasarelas | 8 |
| 4.1.1. Comprobaciones barandilla | 8 |
| 4.2. Defensas sobre la calzada..... | 10 |
| 5. IMPOSTA | 10 |
| 6. ACERAS..... | 11 |
| 7. PROTECCIÓN HUECO ENTRE CALZADA Y ACERA | 11 |
| 8. ILUMINACIÓN..... | 12 |
| 8.1. Iluminación de la calzada..... | 12 |
| 8.2. Iluminación de las pasarelas..... | 15 |
| 8.3. Iluminación de la calle | 15 |

1. OBJETO DEL DOCUMENTO

En el presente anejo se definen todos aquellos elementos necesarios para el funcionamiento adecuado del puente, y los cuales no forman parte del cuerpo resistente del puente en sí, pero su comportamiento es necesario y fundamental para que se puedan cumplir los requisitos de funcionalidad, seguridad y comodidad.

Todos los equipamientos han sido elegidos buscando que sean resistentes y duraderos, además de que garanticen la seguridad y comodidad para los usuarios, y presenten un coste de mantenimiento moderado.

2. DRENAJE

En este apartado se va a definir y dimensionar el sistema de drenaje del puente para la correcta evacuación de las aguas pluviales. Tanto el drenaje de las aceras como el de la calzada se va a realizar mediante imbornales. Se van a colocar tres filas de imbornales, una en cada acera y una en la calzada. Los imbornales en las aceras se van a situar en la parte interna del tablero, mientras que la fila de imbornales en la calzada se sitúa en la parte aguas abajo del puente, siguiendo de esta forma las pendientes transversales con las que cuenta la estructura proyectada.

El dimensionamiento de las obras de drenaje se va a realizar para la calzada y se va a colocar la misma disposición de los sumideros en las aceras, quedando de este modo del lado de la seguridad debido a la menor área a desaguar en las aceras. También se consigue así, una mayor homogeneidad y facilidad de montaje.

El drenaje del puente se realiza para un caudal de diseño de período de retorno de 25 años. Para la determinación de éste en la calzada, se determina el caudal de referencia a desaguar y posteriormente se propone un diseño de los sumideros. Una vez se ha realizado el diseño de los sumideros, se realizan las comprobaciones necesarias para verificar que el drenaje funciona correctamente.

2.1. Obtención del caudal de referencia

Partiendo de la “Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial”, el caudal de referencia para el dimensionamiento del drenaje se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \times A \times I \times K_t}{3,6} = 0,01446 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde influyen los siguientes parámetros:

- C: coeficiente medio de escorrentía de la superficie drenada. Se obtiene a través de la siguiente fórmula.

$$C = \frac{\left[\left(\frac{P_d \cdot K_a}{P_o}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d \cdot K_a}{P_o}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d \cdot K_a}{P_o}\right) + 11\right]^2} = 0,99393$$

Siendo:

- P_o , el umbral de escorrentía para pavimentos urbanos. En este caso toma el valor:

$$P_o = P_o^i \times \beta = 1.3 \text{ mm}$$

Donde:

- P_o^i , es el valor inicial del umbral de escorrentía, que en este caso adopta el valor de 1 mm (Tabla 2.3 de la 5.2 IC Drenaje Superficial).
- β , el coeficiente corrector del umbral de escorrentía, que adopta un valor medio de 1.3, obtenido de la Tabla 2.5 de la 5.2 IC Drenaje Superficial.

- P_d , la precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno considerado, 25 años. Su valor se toma de la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”.

$$P_d = Y_t \cdot P = 186.024 \text{ mm/día}$$

Donde:

- P , máxima precipitación anual diaria (obtenido del documento “Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”, hoja 4.3 Teruel marcado en línea morada).

$$P = 92 \text{ mm}$$

- C_v , el coeficiente de variación (obtenido del documento “Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”, hoja 4.3 Teruel marcado en línea roja).

$$C_v = 0,49$$

- Y_t , el factor de amplificación para el período de retorno considerado de 25 años, obtenido de la Tabla 7.1 del documento “Máximas lluvias diarias de la España Peninsular”.

$$Y_t = 2,022$$

- K_a , un factor adimensional reductor de la precipitación por área de la cuenca. En este caso al ser la cuenca a drenar inferior a 1 km² este valor es igual a 1, obtenido del epígrafe 2.2.2.3 de la “Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial”.

- A, el área de la superficie drenada (expresada en km²)

$$A=21,5 \cdot 7,5=1,6125 \times 10^4 \text{ km}^2$$

- I_t, la intensidad media de precipitación (expresada en mm/h).Corresponde a un período de retorno de 25 años y a un intervalo igual al tiempo de concentración, T.

$$I(T, t) = I_d * F_{int} = 318,56 \text{ mm/h}$$

Siendo

- I_d, la intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T (mm/h).

$$I_d = \frac{Pd * K_a}{24} = 7,75 \text{ mm/h}$$

Donde:

- Pd, es la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno de 25 años. Este valor se ha determinado previamente y toma el valor de 186,024 mm/día.
- K_a, un factor adimensional reductor de la precipitación por área de la cuenca. Este valor se ha determinado previamente y toma el valor de 1.
- F_{int}, un factor de intensidad adimensional que depende del tiempo de concentración y del periodo de retorno T. Se obtiene del epígrafe 2.2.2.4:

$$F_{int} = F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287 - 2,5287 * t^{0,1}} = 41,1$$

Donde:

- I₁/I_d, es el índice de torrencialidad. Su valor se determina a partir del mapa de la figura 2.4 de la 5.2 IC Drenaje Superficial. En este caso el índice de torrencialidad adopta un valor de 11.
- T, la duración del aguacero, que se determina a continuación:

$$T=0,3 \cdot Lc^{0,76} \cdot Jc^{-0,19} = 0,083 \text{ horas}$$

2.2. Diseño del drenaje

Para determinar la distribución de los sumideros, primero se determina su geometría y se calcula la sección de agua a desaguar por cada uno de ellos. La siguiente imagen refleja la definición geométrica del caz. Las dimensiones del caz y de los sumideros se han diseñado con las medidas deseadas.

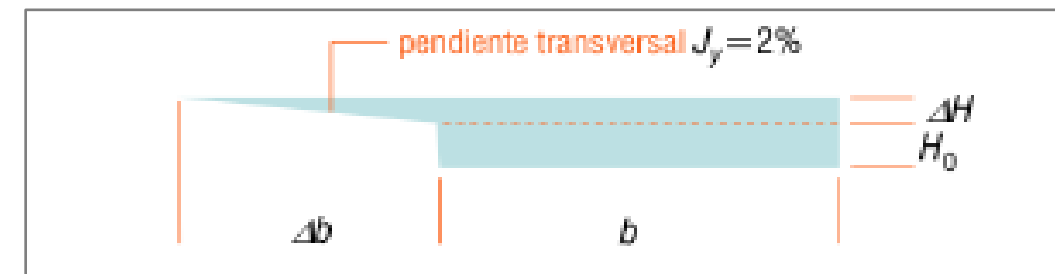


Figura 1. Definición geométrica de la sección de agua a desaguar.

- Ancho del caz (máximo ancho admisible de la lámina de agua):

$$b' = \Delta b + b = 0.1 + 0.2 = 0.3 \text{ m}$$

- Ancho del elemento lineal:

$$b = 0.2 \text{ m}$$

- Altura desde el elemento lineal hasta el pavimento:

$$H_0 = 0.02 \text{ m}$$

- Pendiente transversal:

$$J_y = 1.5 \%$$

- Espacio libre entre las barras que constituyen el sumidero:

$$e = 0.02 \text{ m}$$

- Ancho de las barras que constituyen el sumidero:

$$B = 0.02 \text{ m}$$

- Canto de las barras que constituyen el sumidero:

$$D = 0.02 \text{ m}$$

- Incremento de altura:

$$\Delta h = 0.015 \cdot (0.3 - 0.2) = 0.0015 \text{ m}$$

- Altura máxima de la lámina de agua:

$$H = H_0 + \Delta h = 0.02015 \text{ m}$$

Una vez queda definida la sección a desaguar por cada sumidero se procede a calcular el caudal a desaguar por cada uno de ellos:

$$q = K \cdot \sqrt{Jx} \cdot S \cdot \left(\frac{S}{p}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 1000 = 65 \cdot \sqrt{0.054} \cdot 0.004105 \cdot \left(\frac{0.004105}{0.64015}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 1000 = 2.14 \text{ l/s}$$

Donde:

- K, rugosidad correspondiente a un revestimiento bituminoso, se adopta el valor de 65.
- Jx, pendiente longitudinal igual a 5,4%.
- P, es el perímetro mojado y se determina mediante la siguiente expresión (todas las variables ya han sido definidas previamente):

$$p \approx 2 \cdot b + H_0 + H + 2 \cdot \Delta b = 2 \cdot 0.2 + 0.02 + 0.02015 + 2 \cdot 0.1 = 0.64015 \text{ m}$$

- S, es la superficie mojada de la sección que se determina mediante:

$$S = (b \cdot H) + \left(\frac{\Delta b \cdot \Delta h}{2}\right) = (0.2 \cdot 0.02015) + \left(\frac{0.1 \cdot 0.0015}{2}\right) = 0.004105 \text{ m}^2$$

A continuación, se obtiene el número de sumideros a disponer y la velocidad del agua en el caz. El número de sumideros a disponer por el criterio de máxima anchura libre es:

$$n = \frac{\text{Caudal total a desaguar}}{\text{Caudal desaguado por sumidero}} = \frac{14.46}{2.14} \approx 7 \text{ sumideros en la mitad del puente}$$

De este modo, se van a disponer 14 sumideros en cada fila de imbornales, la separación entre sumideros es de 2,5 m.

2.3. Comprobación del sumidero

Los sumideros dispuestos son rejas de fundición dúctil de la tipología C-250, que se corresponde con una carga de prueba de 250 kN y es apta para arcenes y zonas de cunetas en las calles. Han sido obtenidas del catálogo Benito o similar, y el sumidero escogido posee la referencia CPRF200, del cual se pueden observar en la siguiente imagen sus características. En el plano nº10 "Equipamientos. Drenaje y pavimento" se muestran detalladas las dimensiones.



Figura 2. Sumidero de fundición dúctil.

| REF. | CLASE / CLASSE / CLASS | AxB | H | B1xH1 | CxLxHR | SUP. ABS - DM2 / SURFACE ABSORP. DM2 / WATERWAY AREA DM2 | Ø DE SALIDA / SORTIE / EXIT | UN. |
|---------|------------------------------|------------|-----|-----------|------------------|--|--------------------------------|-----|
| CPRG110 | A-15 | 1000 x 140 | 110 | 100 x 95 | 1000 x 125 | 3 | 2 x ø63/1 x ø75 | 63 |
| CPRF110 | D-400 | 1000x140 | 110 | 100x95 | (Duct) 500 x 125 | 5.5 | 2 x ø63/1 x ø75 | 63 |
| CPRF200 | C-250 | 750 x 215 | 190 | 150 x 140 | 750 x 200 | 7 | 2 v. x ø160/ø110 - 2 l. x ø110 | 30 |
| CPRF300 | C-250 | 750 x 315 | 220 | 250 x 165 | 750 x 300 | 10 | 2 v. x ø160/ø110-2 l. x ø110 | 16 |

Figura 3. Características del sumidero a disponer.

Para la comprobación del sumidero, en primer lugar se determina la velocidad del agua en el caz:

$$v = \frac{q}{S} = \frac{2.14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0.004105 \text{ m}^2} = 0.52 \text{ m/s}$$

Las barras se disponen en el sentido de la corriente, por lo que se debe cumplir la siguiente condición:

$$L_1 = 9 * (H+D)^{\frac{1}{2}} * v = 9 * (2 + 2)^{\frac{1}{2}} * 0,52 = 9,36 \text{ cm} < 5 * e = 5 * 2 = 10 \text{ cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Finalmente, se debe evaluar la capacidad de desagüe del sumidero seleccionado con la fórmula de vertedero ($H \leq 12 \text{ cm}$), siendo P el perímetro total de la rejilla que constituye el sumidero.

$$Q_1 = \frac{P \cdot H^{3/2}}{60} = \frac{(2 * 75 + 2 * 20) * 2^{3/2}}{60} \rightarrow Q_1 = 8,96 \text{ l/s} > q = 2,14 \frac{\text{l}}{\text{s}} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez se han verificado las comprobaciones necesarias, se opta por disponer 14 sumideros en cada una de las filas propuestas. La separación entre sumideros es de 2.5 metros, como se ha indicado anteriormente.

3. PAVIMENTO

En este punto del anejo se expone que pavimentos se van a colocar en cada carril y sus características. El pavimento del puente se divide en tres partes claramente diferenciadas: el carril bici, el pavimento urbano y la calzada para el paso de los vehículos.

3.1. Pavimento urbano

El pavimento urbano seleccionado para las pasarelas es un pavimento "REPEN UNITO - Mármol" del fabricante ZENITH C o similar, que consta de piezas cuyas dimensiones son 60x30x3 cm, y acabado flameado. Es la combinación óptima de alta calidad decorativa, y que encaja perfectamente en la estética del paseo donde se ubica el puente.

Debido a su acabado flameado consta de excelentes características antideslizantes, cosa que lo hace idóneo para exteriores y zonas próximas al mar como es el caso.



Figura 4. Pavimento urbano de mármol.

3.2. Pavimento de la calzada

En cuanto al pavimento de la calzada, como no se tienen datos reales de la IMD de la Avenida del Papa Luna, se toman los datos de uno de los accesos a Benicarló. El acceso más cercano a esta avenida es la carretera CV-140, sin embargo, al no encontrar datos relativos a ese tramo, se trabaja con la IMD de un acceso próximo como es la CV-135, en concreto el tramo SantMateu-Benicarló. Se representa en la siguiente imagen el trazado de la misma:

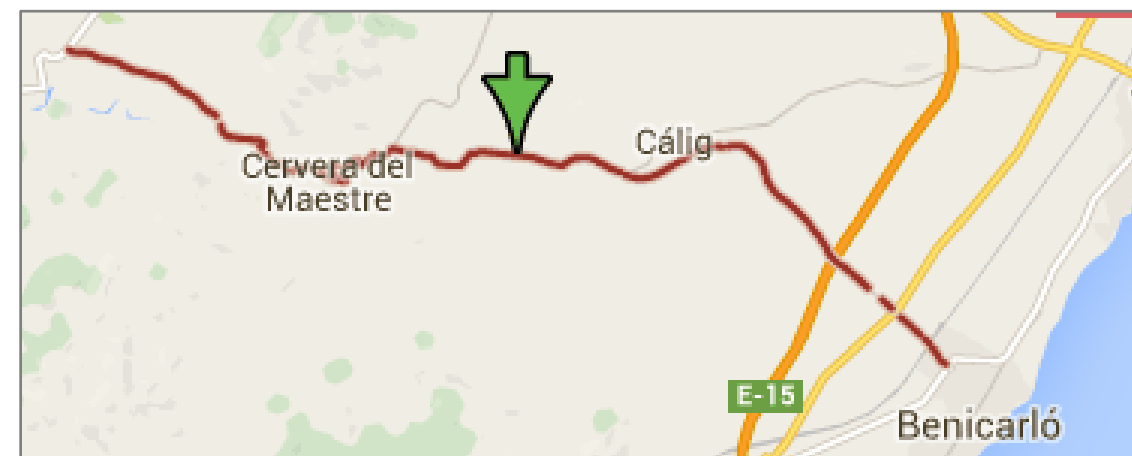


Figura 5. CV-135

Los datos se obtienen de la página oficial de la Comunidad Valenciana (www.gva.es). Los resultados más recientes corresponden al año 2014 (los cuales se pueden observar en la figura 6), con ellos debería hacerse una relación de los IMDs para obtener el de 2016 (el cual interesa conocer en este caso), pero al estar en un Anteproyecto, se tomará el del 2014 directamente. Además, si se observa la IMD va decayendo progresivamente cada año, por lo que probablemente en el 2016 será menor y este cálculo quedaría del lado de la seguridad.

| CV | Tramo | Pk Ini | Inicio | Pk Fin | Fin | Calzada | Pk Est. | IMD 2010 | %P | IMD 2011 | %P | IMD 2012 | %P | IMD 2013 | %P | IMD 2014 | %P |
|--------|--------|--------|------------------|--------|---------------|---------|---------|----------|----|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| CV-129 | 129010 | 0+000 | CV-10 | 12+650 | CV-1301 | Conv. | 1+250 | 647 | - | 542 | - | 485 | - | 471 | - | 434 | - |
| CV-129 | 129020 | 12+650 | CV-1301 | 16+800 | CV-15 | Conv. | 15+000 | 732 | - | 619 | - | 605 | - | 671 | - | 630 | - |
| CV-132 | 132010 | 0+000 | CV-10 | 5+130 | N-232 | Conv. | 1+150 | 2.385 | 14 | 2.147 | 15,3% | 2.190 | 16,1% | 2.077 | 15,8% | 2.155 | 16,6% |
| CV-133 | 133010 | 0+000 | Alcalá de Xivert | 13+480 | CV-10 | Conv. | 11+750 | 408 | - | 276 | - | 252 | - | 255 | - | 207 | - |
| CV-135 | 135010 | 0+000 | CV-10 | 8+730 | CV-136 | Conv. | 1+940 | 447 | 4 | 427 | 2,3% | 376 | 3,9% | 406 | 3,6% | 387 | 3,7% |
| CV-135 | 135020 | 8+730 | CV-136 | 13+580 | Accés a Cáliz | Conv. | 12+000 | 1.037 | - | 677 | - | 849 | - | 669 | - | 608 | - |
| CV-135 | 135030 | 13+580 | Accés a Cáliz | 21+400 | Benicarló | Conv. | 16+850 | 3.044 | 4 | 2.950 | 2,2% | 2.597 | 2,6% | 2.665 | 3,5% | 2.500 | 3,1% |

Figura 6. IMD y %Pesados.

Los datos obtenidos son:

$$IMD_{2014} = 2500 \text{ vehículos}$$

$$\%P = 3 \%$$

Como en este caso, el trazado es de doble sentido, la IMD_p para el carril de proyecto será:

$$IMD_p = \frac{2500}{2} * 0.03 = 37.5 \text{ vehículos pesados}$$

A partir de la intensidad media diaria de vehículos pesados se obtiene el tipo de tráfico:

| TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2 | | | | |
|--|---------|--------------------|------------------|----------------|
| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | T00 | T0 | T1 | T2 |
| IMD _p (vehículos pesados/día) | ≥ 4 000 | < 4 000 ≥ 2 000 | < 2 000 ≥ 800 | < 800 ≥ 200 |

| TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4 | | | | |
|---|----------------|---------------|--------------|------|
| CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | T31 | T32 | T41 | T42 |
| IMD _p (vehículos pesados/día) | < 200 ≥ 100 | < 100 ≥ 50 | < 50 ≥ 25 | < 25 |

Tabla 1. Tipos de tráfico según norma de firmes.

Por lo tanto el valor de 37.5 vehículos pesados se encuentra dentro del tipo de tráfico T41, por lo que se considera dicha categoría de tráfico para el dimensionamiento del puente.

Se opta por tomar un espesor de 60 mm para la capa de rodadura (ya que lo óptimo es entre 50-70 mm), que se colocará sobre la capa de estanqueidad definida en el apartado "3.4. Capa de estanqueidad". En función del tipo y espesor de la capa se pueden elegir los siguientes tipos de mezcla:

| TABLA 542.9 TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA | | |
|---|--|--------------|
| TIPO DE CAPA | TIPO DE MEZCLA | ESPESOR (cm) |
| | DENOMINACIÓN NORMA UNE-EN 13108-1 (*) | |
| Rodadura | AC16 surf D AC16 surf S | 4 - 5 |
| | AC22 surf D AC22 surf S | >5 |
| Intermedia | AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC22 bin S MAM (**) | 5 - 10 |
| Base | AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC22 base S MAM (***) | 7 - 15 |
| Arcenes (****) | AC16 surf D | 4 - 6 |

(*) Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.
(**) Espesor mínimo seis centímetros (6 cm).
(***) Espesor máximo trece centímetros (13 cm).
(****) En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

Tabla 2. Tipo de mezcla a utilizar en función del espesor y tipo de capa. Norma de firmes PG-3.

Se opta en este caso por la elección de una mezcla semidensa AC22 surf S. La norma también indica una serie de recomendaciones para la elección del betún asfáltico en mezclas bituminosas en caliente (en función de la categoría del tráfico y de la zona térmica estival) que se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 542.1.a TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO A EMPLEAR EN CAPA DE RODADURA Y SIGUIENTE (*)
(artículos 211 y 212 de este Pliego, y reglamentación específica vigente DGC)

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|----------------------------|----------------------------|
| | T00 | T0 | T1 | T2 y T31 | T32 y ARGENES | T4 |
| Cálida | 35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65 | 35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 BC50/70 | |
| Media | 35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60 | 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 |
| Templada | 50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60 | | | |

(*) Se podrán emplear también betunes modificados con caucho que sean equivalentes a los betunes modificados de esta tabla, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 212 de este Pliego. En ese caso, a la denominación del betún se añadirá una letra C mayúscula, para indicar que el agente modificador es polvo de caucho procedente de la trituration de neumáticos fuera de uso.
Se podrán emplear también betunes multigrados, que sean equivalentes en el intervalo de penetración, siempre que cumplan las especificaciones del artículo 211 de este Pliego.

Tabla 3. Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear. Norma de firmes PG-3.

Como Benicarló se encuentra en una zona térmica estival media y el tipo de tráfico es T41, se opta por un betún 50/70.

3.3. Carril bici

El carril bici, de casi 3 metros de ancho, se materializará mediante un sistema para carriles bici sobre soportes asfálticos de Sika o similar. Este diseño adopta una capa de imprimación 1 x Sikafloor-154 W, una capa base 2 x Sikafloor- 2030 y una capa de sellado 2 x Sikafloor-2120. Es un pavimento de color rojo tipo Ral 3009 o similar, de fácil colocación en obra y de fácil mantenimiento. Es adecuado para el carril bici porque soporta un importante grado de desgaste mecánico así como el derrame de productos químicos agresivos como combustibles, por lo que es adecuado en instalaciones de poco mantenimiento o vigilancia.

A título informativo se adjunta la imagen inferior obtenida del catálogo de pavimentos deportivos de la empresa Sika:



Figura 7. Especificaciones del pavimento Sika.

Para su colocación se recomienda que en caso de tener un soporte muy seco se humedezca con agua sin dejar charcos, para evitar una desecación prematura del producto. Además, cualquier resto de suciedad, material suelto o mal adherido debe ser totalmente eliminado antes de la aplicación del producto.

3.4. Capa de estanqueidad

Para evitar la filtración de agua hacia el hormigón armado y la losa colaborante que actúa como encofrado perdido, se dispone de una capa de estanqueidad "ParaforPonts" del fabricante SIPLAST o similar, tanto en el caso de la calzada como en las aceras. Esta es una capa de estanqueidad óptima en superficies transitables tanto por peatones como por vehículos, siendo posible su utilización según el fabricante bajo mezcla bituminosa o cualquier otra superficie de apoyo.

Se trata de una capa de estanqueidad gruesa, que presenta un buen comportamiento en puentes de luces moderadas y que además permite absorber posibles errores de nivelación en la losa de hormigón. En cuanto a la puesta en obra, debe considerarse el levantamiento de la capa de estanqueidad al menos hasta la cota de la capa de rodadura, así como su doblado en aquellas zonas donde no exista capa de rodadura superior.

Es una lámina de betún elastómero SBS de 4 mm de espesor, autoprotégida con gránulos cerámicos de color blanco, de 6,0 kg/m² de masa, y reforzada con una armadura de poliéster no tejido de 180 g/m². Su puesta en obra se realiza mediante soldadura sobre el soporte de hormigón, en el cual se aplica previamente una imprimación Siplast Primer. El suministro se realiza mediante rollos de 1x50 metros.

A continuación, se muestra una imagen del catálogo del fabricante de la descripción de la capa de estanqueidad, únicamente a título informativo:

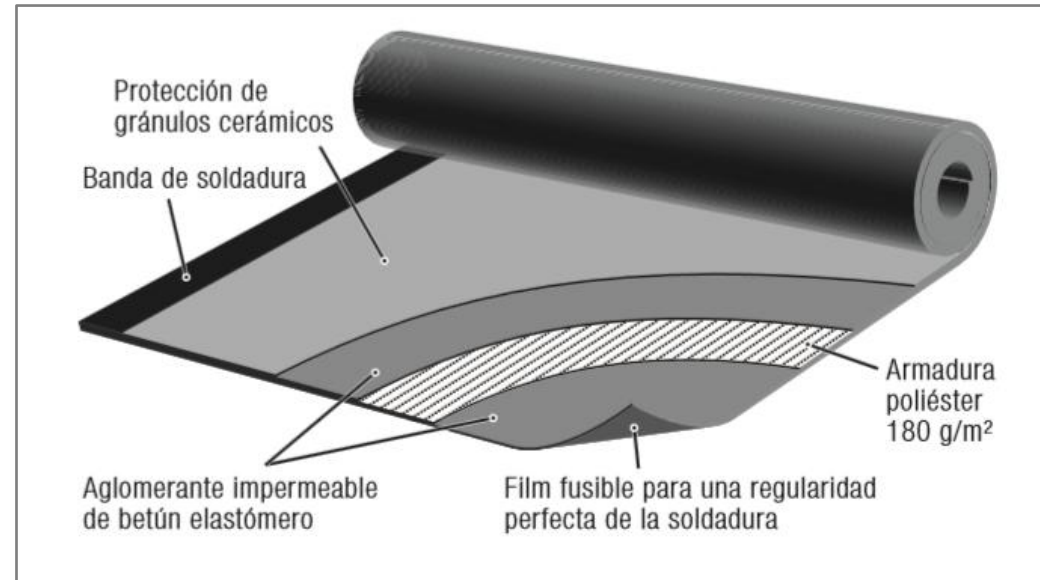


Figura 8. Capa de estanqueidad. Fuente: Catálogo SIPLAST o similar.

4. DEFENSAS

4.1. Barandillas sobre pasarelas

Uno de los elementos visuales que destacan en el conjunto del puente son las barandillas, ubicadas a ambos lados de las pasarelas debido al hueco existente entre la calzada y las aceras donde quedan vistas las vigas de piso. Por ello, se ha buscado un diseño sencillo con el que se consigue un aspecto ligero y dinámicamente estético.

Tanto para el diseño de la barandilla como para la comprobación de su correcto funcionamiento, se han tenido en cuenta los motivos estéticos y de seguridad. Por tanto cumpliendo con la normativa vigente, la altura mínima de la barandilla para asegurar la seguridad de los viandantes es de 1.2 metros de altura. Además, también se especifica en la norma que los distintos elementos longitudinales que conforman la barandilla no pueden tener una separación entre ellos mayor de 15 cm en los primeros 60 cm.

Por otro lado, considerando tanto la estética como la seguridad, la barandilla presenta una curvatura en el plano vertical de forma que evita que ésta sea fácilmente escalable. Considerando estas limitaciones, se ha realizado el siguiente diseño de las barandillas.

Se trata de montantes verticales de acero inoxidable y de espesor 30 mm, los cuales se colocan cada 2.5 metros coincidiendo con la separación de los elementos transversales que conforman el esqueleto del tablero. Los montantes de las barandillas exteriores se anclan mediante la unión soldada a los cuchillos transversales, de igual forma que los montantes interiores van soldados a las vigas de piso.

Sobre los montantes reposa un pasamanos de acero inoxidable de 50 mm de diámetro exterior y con un espesor de 3 mm, en el cual se colocará la iluminación de las aceras. Se disponen cables longitudinales de diámetro 10 mm que atraviesan los montantes y que realizan una función puramente estética y de protección (extraídos del

catálogo Ronstan o similares). Se colocan cuatro cables cada 15 cm en los primeros 60 cm, y un quinto a 30 cm del último anterior. La geometría del diseño expuesto se describe con mayor detalle en el Plano nº10 "Equipamientos. Barandilla e imposta".

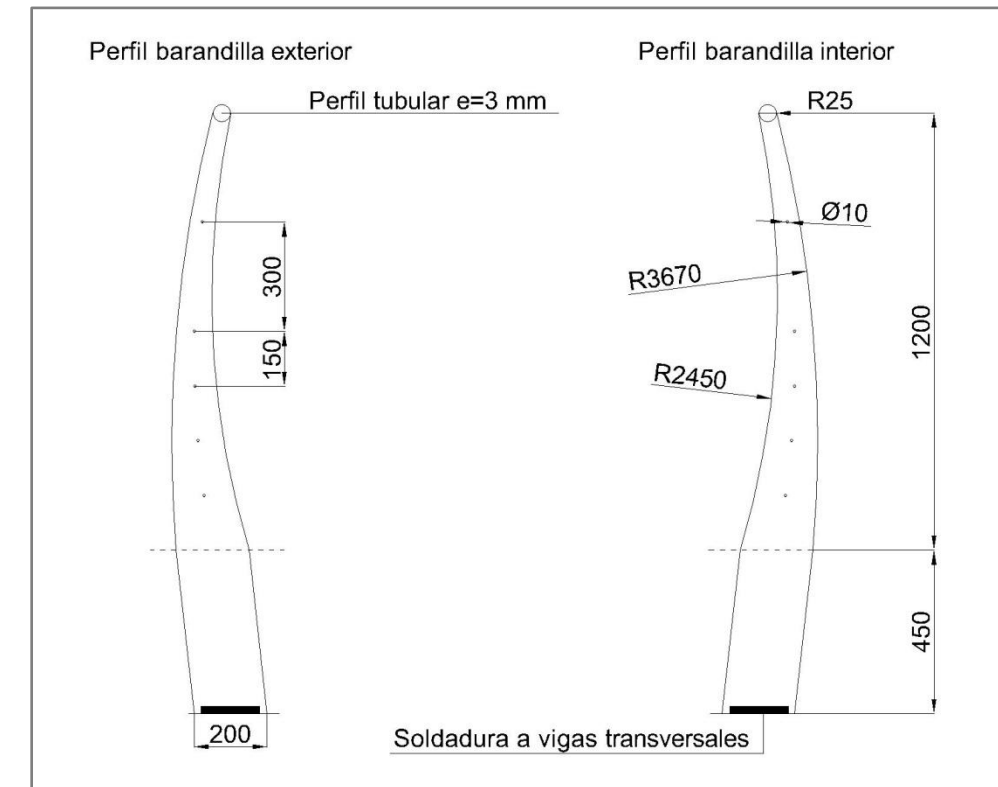


Figura 9. Barandilla. Fuente: Elaboración propia. Cotas en mm.

4.1.1. Comprobaciones barandilla

Como se indica en la norma EN 1317-6, en puentes y pasarelas se considerará una fuerza actuante perpendicularmente al elemento superior de la barandilla con un valor uniformemente repartido de 1.5 kN/m. Por tanto, la barandilla diseñada debe ser capaz de transmitir esta carga a través del montante, y para ello se realizan las comprobaciones que se muestran a continuación.

4.1.1.1. Pasamanos

El momento máximo que soporta cada tramo de pasamanos entre montantes es el siguiente:

$$\text{Momento flectormáximo} = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{1.5 \cdot 2.5^2}{2} = 4.6875 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Considerando un aprovechamiento máximo de éste, se obtiene el módulo resistente que debe tener la barra hueca de acero inoxidable para cumplir su función estructural.

Para ello se ha considerado el límite elástico del acero inoxidable (laminado en frío) como $f_{yd} = 275/1.15 \text{ MPa}$.

$$\frac{M}{W_L \cdot f_{yd}} = 1$$

$$4.6875 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{275 \cdot 10^3 \text{ kPa}}{1.15} \cdot W_L$$

$$W_L = 19.60 \text{ cm}^3$$

Considerando que se trata de una barra de acero inoxidable hueca, y consultando el catálogo del fabricante "Condesa" o similar, se ha escogido un tubo redondo de acero inoxidable (que cumple con las condiciones de durabilidad, al estar expuesta a un ambiente agresivo por la proximidad al mar), de diámetro exterior 50 mm y espesor 3 mm, tal y como ha sido mencionado anteriormente y que cumple con el módulo resistente exigido. Esta barra tiene un peso aproximado de 3.531 kg/m, el cual será considerado en las cargas permanentes que suponen los equipamientos.

$$W_L = \pi \cdot R^2 \cdot e = \pi \cdot 5^2 \cdot 0.3 = 23.56 \text{ cm}^3$$

4.1.1.2. Sección de empotramiento

Ambas barandillas (exterior e interior) están unidas al cuchillo transversal y a la viga de piso respectivamente mediante cordón de soldadura, por lo que la barandilla tiene una altura total de 1.65 metros aproximadamente desde el eje de aplicación de la fuerza. El momento generado en la base, se calcula con un coeficiente de mayoración de 1.5, y su valor es de:

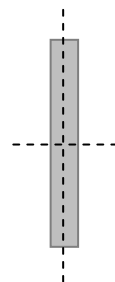
$$M_{Ed} = 1.5 \cdot 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2.5 \text{ m} \cdot 1.65 \text{ m} = 9.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A continuación se comprueba que la tensión de comparación no supere la tensión admisible del material, despreciando en este caso las tensiones tangenciales.

Sección del montante en el empotramiento, 30x200 mm

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 200^3 = 2 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{I} \cdot \frac{h}{2} = \frac{9.28 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^7} \cdot \frac{200}{2} = 46.4 \text{ MPa}$$



Considerando un acero S 235 JR para el montante de la barandilla, la tensión admisible será:

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{235}{1.05} = 223.8 \text{ MPa}$$

Comparando este valor con la tensión de cálculo se concluye que:

$$\sigma = 46.4 \text{ MPa} < \sigma_{adm} = 223.8 \text{ MPa}; \text{Cumple}$$

En el caso de las barandillas, la resistencia no es la condición limitante en el diseño ya que la tensión a resistir presenta unos valores lejanos a la tensión admisible del material empleado. En cambio, habría que considerar las posibles vibraciones que se puedan producir en ésta, por lo que para dotar al conjunto de la barandilla de una mayor rigidez y evitar que se produzcan vibraciones excesivas en ésta, se ha decidido diseñar los montantes extremos de la barandilla con una sección con el doble de espesor que los restantes.

En este caso, la sección del montante en el empotramiento sería de 60x200 mm y la tensión de cálculo tendría el siguiente valor:

Sección del montante en el empotramiento, 60x200 mm

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 200^3 = 4 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{I} \cdot \frac{h}{2} = \frac{9.28 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^7} \cdot \frac{200}{2} = 23.2 \text{ MPa}$$

Además, considerando los posibles movimientos que se puedan producir en el conjunto del puente y dado que la barandilla es un elemento que presenta continuidad fuera de la longitud de la estructura, se debe verificar el comportamiento independiente de los distintos tramos de barandilla.

4.1.1.3. Unión soldada de la barandilla

Como se ha mencionado anteriormente, la barandilla se unirá mediante un cordón de soldadura a la viga de piso y al cuchillo transversal, por lo que es necesario comprobar la resistencia de éste a los esfuerzos en el estado límite último.

En el apartado anterior se ha calculado el esfuerzo principal de flexión que debe resistir esta unión, con valor de $M_{Ed} = 9.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Por tanto, el esfuerzo de tracción máximo que se produce en el extremo de la base es igual a:

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{M_{Ed}}{h} = \frac{9.28}{0.2} = 46.4 \text{ kN}$$

Este esfuerzo se supone distribuido a lo largo de medio cordón de soldadura (correspondiente a la parte traccionada), de forma que se queda del lado de la seguridad. Considerando el epígrafe 60.1.1. de la EAE, donde aparecen las uniones sometidas a esfuerzos axiales, la limitación tensional que se debe cumplir es la siguiente:

$$\frac{F_{w,Ed}}{\sum a_i \cdot L_{wi}} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = 207.85 \text{ MPa}$$

Donde:

$$f_u = 360 \text{ MPa (Resistencia a tracción del acero a soldar)}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$\beta_w = 0.80 \text{ (Valor que se corresponde con el tipo de acero S 235)}$$

Por tanto, el espesor de garganta mínimo que se requiere en la soldadura para cumplir esta limitación es:

$$\frac{46400}{2 \cdot a \cdot \left(\frac{200}{2}\right)} = 207.85 \text{ MPa} \rightarrow a_{\min} = 1.12 \text{ mm}$$

Por disposiciones constructivas se recomienda un espesor de garganta no superior a (59.3. de la EAE):

$$0.7 \cdot t_{\min} = 0.7 \cdot 15 = 10.5 \text{ mm}$$

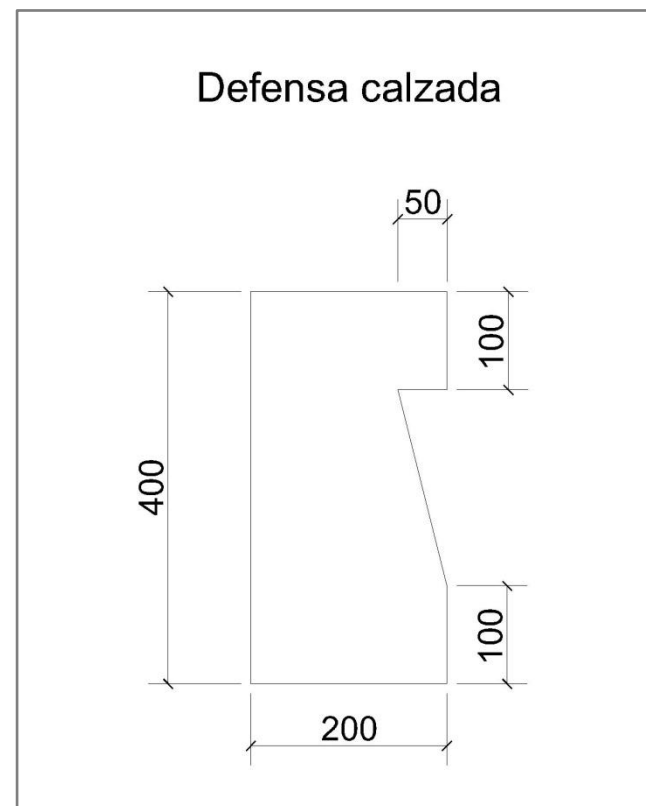
Ni inferior a 4.5 mm cuando se deposite en chapas de hasta 20 mm de espesor. Por ello se recomienda un espesor de garganta para la soldadura de 5 mm, tanto en la soldadura de la barandilla con la viga de piso como con el cuchillo transversal, por contar con el mismo espesor de ala en ambos casos.

4.2. Defensas sobre la calzada

La defensa sobre la calzada se trata de una barrera rígida de hormigón armado hormigonada in situ, su geometría ha sido diseñada en función de la seguridad y de la estética del puente. Debido a la separación existente entre la calzada y las pasarelas, la barrera rígida cuenta con una altura de 40 cm que proporciona a los vehículos la seguridad necesaria en su circulación, y un ancho de 20 cm que sobresale de las dimensiones de la calzada en cada uno de los lados.

La geometría de la defensa puede consultarse con mayor detalle en el Plano nº10 "Equipamientos. Barandilla e imposta".

Figura 10. Defensa calzada. Fuente: elaboración propia. Cotas en mm.



5. IMPOSTA

En cuanto a la imposta, se ha realizado un diseño sencillo con formas curvas que encaje en la estética del conjunto del puente. Al existir un hueco en la separación calzada-acera, se colocará también una imposta interior aprovechando el mismo diseño.

Se trata de una imposta prefabricada de hormigón armado con módulos de 2.5 metros de longitud (distancia entre ejes de las vigas de piso), y que cuenta con los respectivos elementos de anclaje que quedarán embebidos en el hormigón de la contraimposta.

Con ayuda de un parapasta se ejecuta la base de hormigón en masa (no estructural) para la formación de las aceras, y posteriormente tras la colocación de la imposta, el hormigonado de la contraimposta se realiza en segunda fase con un hormigón estructural HA-25.

Además, cada uno de los módulos estará dotado de una junta a través de la cual pasará la barandilla tanto en el extremo interior como exterior de las aceras, que habrá quedado soldada a los cuchillos transversales y a las vigas de piso respectivamente en una fase constructiva previa.

La geometría se muestra totalmente detallada en el Plano nº10 "Equipamientos. Barandilla e imposta".

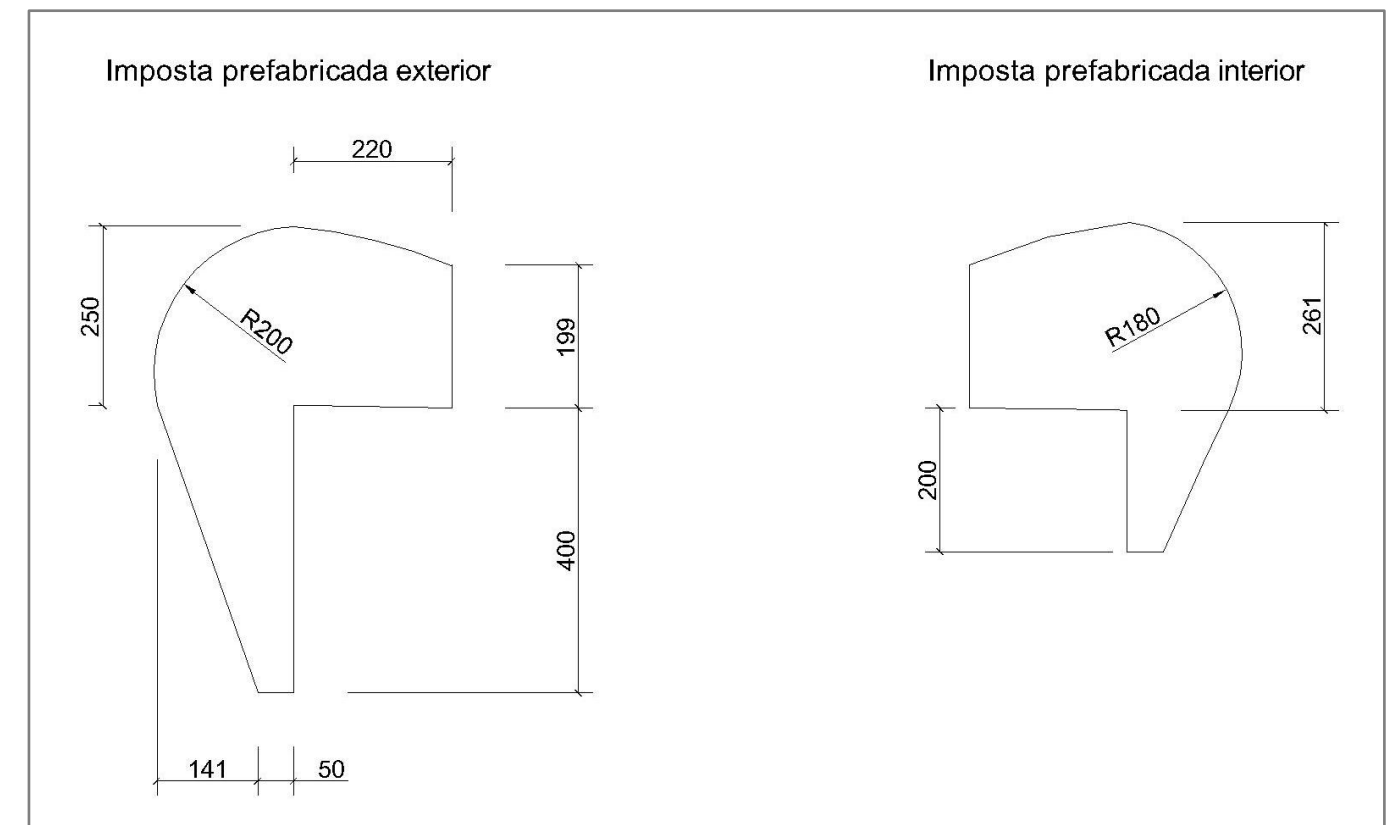


Figura 11. Imposta prefabricada exterior e interior. Fuente: elaboración propia. Cotas en mm.

6. ACERAS

Para el diseño de las aceras se ha optado por la utilización de aceras macizas de hormigón en masa con un espesor de 200 mm. En él quedan embebidos un total de 20 tubos de PVC de diámetro 100 mm (distribuidos uniformemente a lo largo de la acera), los cuales permiten el paso de las conducciones de los distintos servicios a través de ellos. Es necesario disponer arquetas de registro para poder controlar el paso de los servicios sobre las mismas.

Tras el hormigonado de la acera, con la utilización de un parapastos que permita la ejecución en primera fase, se coloca la imposta anteriormente descrita y se hormigona la contraimposta. Sobre el hormigón en masa, se dispone una capa de mortero de asiento de 25 mm, que sirve de apoyo para el pavimento urbano que se ha descrito anteriormente.

Se ha elegido esta tipología de acera debido a su ejecución sencilla y rápida, que es óptima para luces moderadas como es el caso, y además presenta una buena durabilidad ya que es estanca y resistente. Presenta como inconveniente que se trata de una acera muy pesada, cosa que no es influyente en este caso debido a la luz moderada con la que cuenta el puente.

7. PROTECCIÓN HUECO ENTRE CALZADA Y ACERA

Aprovechando el ancho adicional necesario para cumplir el gálibo exigido bajo el arco quedan separadas las aceras de la calzada, dejando vistas las vigas de piso y el cauce de la rambla. Para la protección de dicho hueco se ha optado por la utilización de una rejilla electrosoldada tipo Trámex, ligera y resistente altamente utilizada en el sector industrial.

Se trata de una rejilla de dimensiones de marco 1000x1000mm, con luz de malla 30x30mm, pletinas portantes de 30x2mm y separador redondo, del fabricante SAIGO o similar. La unión de la pletina portante y la varilla, se realiza con soldadura a fusión, sin aportación de material. A continuación se muestra una imagen de una rejilla tipo Trámex estándar.

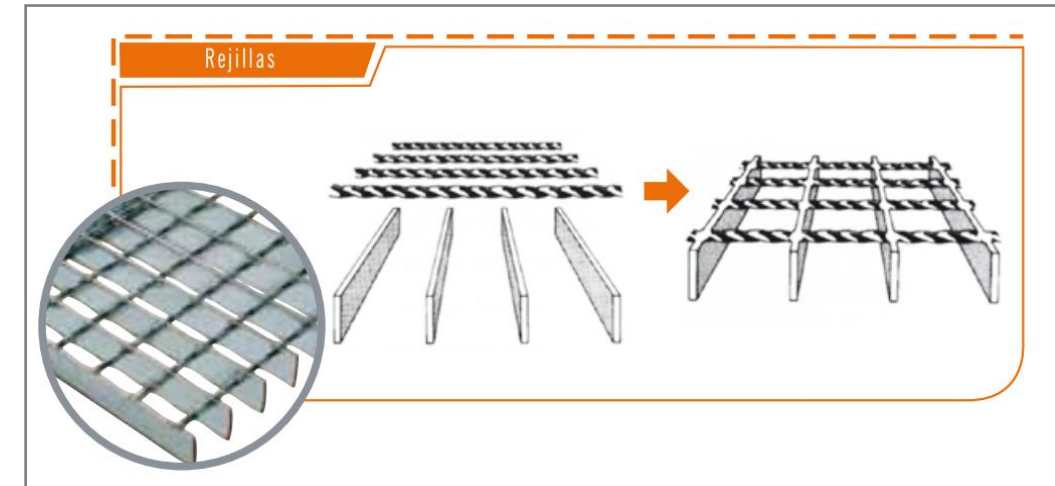


Figura 12. Rejilla tipo Trámex. Fuente: Catálogo fabricante SAIGO o similar.

Existen además, diferentes sistemas de fijación entre los diferentes marcos (tal y como se observa en la siguiente figura), en este caso se ha elegido el soporte tipo W.



Figura 13. Sistemas de fijación. Fuente: Catálogo SAIGO o similar.

En cuanto a la resistencia de la rejilla, ésta debe ser capaz de resistir el paso peatonal en caso de ser necesario. Por ello, su resistencia debe ser mayor a una carga repartida por unidad de superficie de 500kg/m^2 , y en el caso de la rejilla escogida con las características mencionadas anteriormente su resistencia vertical es igual a 1152kg/m^2 , por lo que verifica estas condiciones de resistencia y es adecuada para el uso que se le asigna.

8. ILUMINACIÓN

La necesidad de iluminar se justifica por tratarse de una zona urbana que, además, contiene un elemento singular como es el puente que se quiere resaltar. La zona de actuación se dividirá en tres partes diferentes.

En una primera parte se evaluará la iluminación de la calzada que forma parte del puente, la segunda parte de la iluminación la forman las aceras del puente y por último, la tercera parte de esta división serán los accesos al puente que no entran dentro de éste.

Los motivos de esta división y la iluminación para cada una de las zonas se verán en los siguientes apartados.

8.1. Iluminación de la calzada

En el caso de la iluminación de la calzada, se decide integrar los focos con los arcos para así, dar un aspecto de mayor armonía y ligereza. Para ello, se opta por una iluminación a base de lámparas que recorren el interior del arco, evitando la colocación de mástiles que disminuyan la estética del puente. Al tener dos arcos, se aprovechan dichas estructuras para iluminar ambos carriles de la calzada, de forma mucho más estética, limpia y sobre todo, eficiente.

Debido a la altura de los arcos se deben disponer una serie de focos cada cierta distancia para que haya una adecuada iluminación de la calzada. De esta forma también se resalta el puente del resto de la calle durante la noche. Por tratarse de una calzada ubicada en una vía urbana, la iluminación de la misma debe cumplir ciertos requisitos, los cuales se obtienen de las Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles.

En primer lugar se define la situación de proyecto como A_3 , ya que se trata de una vía con control de tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios. Por ello, debe cumplir la siguiente tabla de recomendaciones:

| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPO DE VÍAS | CLASE DE ALUMBRADO* |
|-------------------------|---|---------------------|
| A_2 | Carreteras interurbanas sin separación de aceras o carril bici | ME 1 |
| | ■ Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera: | ME 2 |
| | ■ Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios | ME 3a |
| | ■ Parámetros específicos | ME 4a |
| A_3 | Vías, colectoras y rondas de circunvalación | ME 1 |
| | Carreteras interurbanas con accesos no restringidos | ME 2 |
| | ■ Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera: | ME 3b |
| | ■ Control del tráfico y separación de los distintos tipos de usuarios | ME 4a |
| | ■ Parámetros específicos | ME 4b |

Tabla 4. Clase de alumbrado en función de la situación de proyecto.

Una vez definida la situación de proyecto, viendo la tabla que se adjunta a continuación, se ve a qué clase de alumbrado corresponde. Con la tabla anterior se puede comprobar que es ME 2, y por lo tanto debe cumplir estos valores:

| CLASES DE ALUMBRADO* | LUMINANCIA DE LA SUPERFICIE DE LA CALZADA EN CONDICIONES SECAS | | | DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR | ILUMINACIÓN ALREDEDORES |
|----------------------|--|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| | Luminancia med. L_m (cd/m ²) | Uniformidad global U_0 | Uniformidad longitudinal U_1 | Incremento umbral TI (%)** | Relación entorno SR *** |
| ME 1 | 2.00 | 0.40 | 0.70 | 10 | 0.50 |
| ME 2 | 1.50 | 0.40 | 0.70 | 10 | 0.50 |
| ME 3 | a 1.00 | 0.40 | 0.70 | 15 | 0.50 |
| | b 1.00 | 0.40 | 0.60 | 15 | 0.50 |
| ME 4 | a 0.75 | 0.40 | 0.60 | 15 | 0.50 |
| | b 0.75 | 0.40 | 0.50 | 15 | 0.50 |

Tabla 5. Parámetros luminotécnicos a cumplir según la clase de alumbrado.

Una vez, que se tienen todos los valores límite en los cuales hay que centrarse, se llevarán a cabo una serie de comprobaciones de que todos estos parámetros cumplen, mediante el programa de diseño Dialux. Para ello lo primero que se realiza es la elección de las lámparas. Como ya se ha citado anteriormente, en la calzada se integrarán con el arco (para crear un efecto de limpieza y estética), mientras que en el resto de la calle se utilizarán las mismas pero dispuestas sobre mástiles.

Se eligen el tipo de marca especializada, Disano o similar, y el modelo es: Disano 1152 Tonale1 difusor de vidrio Disano 1152 SAPT150 X=5Y=1CNR grafito. Se trata de una lámpara de 162 W de potencia y de 0.895X0.345X0.304 m. A continuación se muestra una imagen donde se ve la potencia de emisión de dicha luminaria (figura 14).

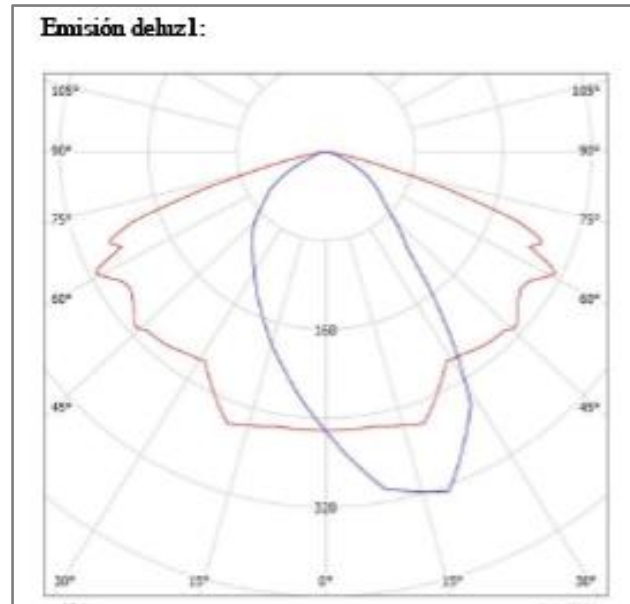


Figura 14. Emisión de la luminaria utilizada.

Con esta luminaria se modeliza en el programa DIALux una superficie exterior con las coordenadas exactas de las lámparas sobre el arco, proyectadas sobre una superficie de cálculo definida como “Recuadro de evaluación de vía pública”. La ubicación de las mismas se puede ver a continuación:

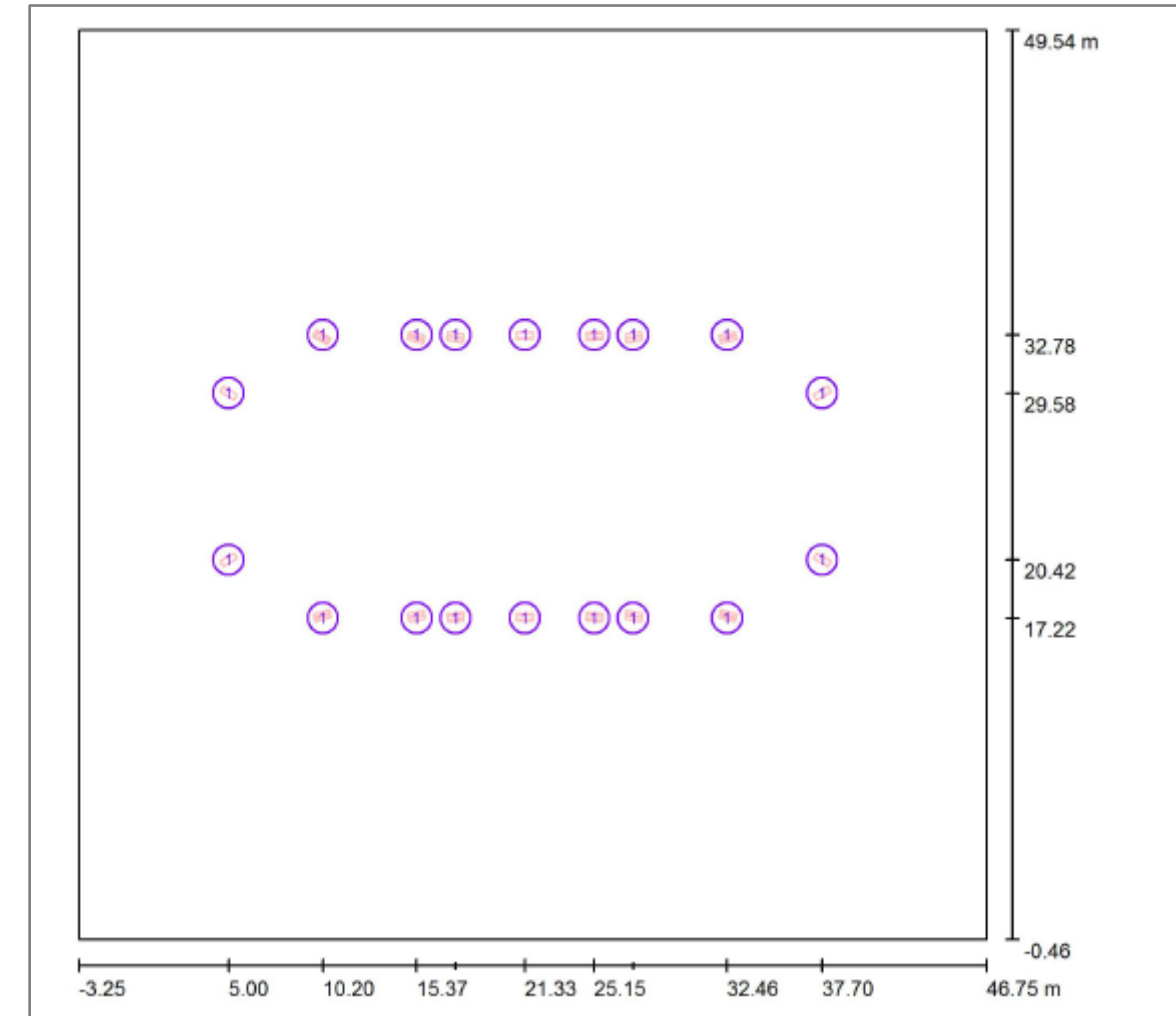


Tabla 6. Disposición de luminaria.

| Nº | Posición [m] | | | Rotación [°] | | |
|----|--------------|--------|-------|--------------|-------|--------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1 | 10.195 | 17.220 | 5.091 | 0.0 | -60.0 | 105.0 |
| 2 | 17.509 | 17.220 | 6.830 | 0.0 | -20.0 | 95.0 |
| 3 | 25.149 | 17.220 | 6.830 | 0.0 | -20.0 | 85.0 |
| 4 | 17.509 | 32.780 | 6.830 | 0.0 | -45.0 | -100.0 |
| 5 | 21.329 | 32.780 | 7.050 | 0.0 | -10.0 | -90.0 |
| 6 | 27.293 | 32.780 | 6.512 | 0.0 | -45.0 | -80.0 |
| 7 | 32.463 | 17.220 | 5.091 | 0.0 | -60.0 | 75.0 |
| 8 | 15.365 | 32.780 | 6.512 | 0.0 | -60.0 | -105.0 |
| 9 | 25.149 | 32.780 | 6.830 | 0.0 | -20.0 | -85.0 |
| 10 | 15.365 | 17.220 | 6.512 | 0.0 | -45.0 | 100.0 |
| 11 | 21.329 | 17.220 | 7.050 | 0.0 | -10.0 | 90.0 |
| 12 | 27.293 | 17.220 | 6.512 | 0.0 | -45.0 | 80.0 |
| 13 | 32.463 | 32.780 | 5.091 | 0.0 | -60.0 | -75.0 |
| 14 | 10.195 | 32.780 | 5.091 | 0.0 | -70.0 | -120.0 |
| 15 | 5.000 | 29.580 | 2.600 | 0.0 | 0.0 | -120.0 |
| 16 | 5.000 | 20.420 | 2.600 | 0.0 | 0.0 | 120.0 |
| 17 | 37.700 | 29.580 | 2.600 | 0.0 | 0.0 | -60.0 |
| 18 | 37.700 | 20.420 | 2.600 | 0.0 | 0.0 | 60.0 |

Tabla 7. Coordenadas de la ubicación y rotación de las luminarias.

Como se puede apreciar se dota a las mismas de una pequeña inclinación para propiciar una mayor uniformidad y centrado de la luz. Además, en este modelo, se simulan las farolas del resto de la calle que se encuentran más próximas al puente, para mayor realismo de los resultados. Se incluye además la imagen 3D de la vista final de la iluminación.

Finalmente se comprueba, ejecutando el programa, que los valores cumplen los límites indicados anteriormente, con la salvedad de comprobar la iluminación de alrededores, ya que la pasarela tiene su propia iluminación y se realizará para que cumpla sus propios requerimientos.

Los valores son:

| Lm(cd/m ²) | U0 | U1 |
|------------------------|------|------|
| 4.04 | 0.61 | 0.71 |

Tabla 8. Valores de los parámetros luminotécnico.

Como se observa, faltan dos parámetros, tanto el deslumbramiento perturbador (TI) como la iluminación de los alrededores (SR). En este caso de iluminación exterior, el programa de diseño Dialux no proporciona estos datos. Por lo que se ha tenido que recurrir a otras formulaciones.

Posteriormente, se obtiene el deslumbramiento perturbador a partir de esta fórmula:

$$TI = \frac{Lv}{Lm^{0.5}} * 65 = 3.88 \%$$

Siendo Lv la luminancia del velo, que es un valor dado por Dialux: $Lv = 0.12 \text{ cd/m}^2$

A partir de este valor de 3.88 %, se comprueba que es compatible con los valores límites anteriormente dispuestos y por lo tanto se obtiene SR:

$$SR = 0.68$$

Se ve, que todos los parámetros concuerdan y son aceptables con los límites impuestos.

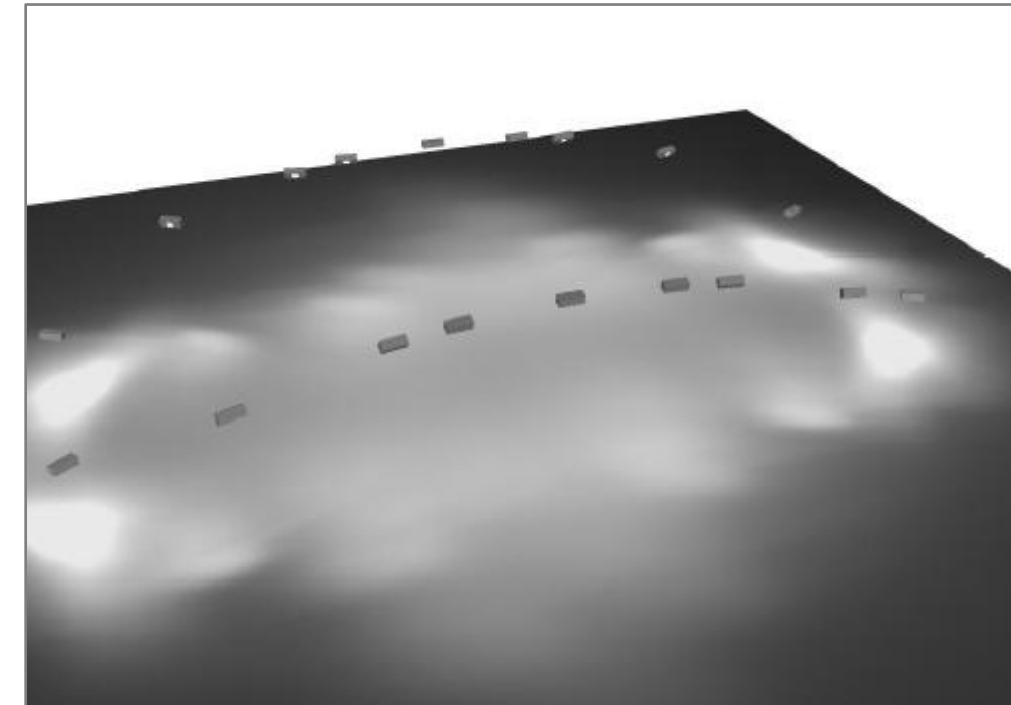


Figura 15. Imagen 3D del efecto producido por la iluminación.

Concluyendo la iluminación de la calzada, se adjunta una imagen con los valores de iluminancia dados por el programa de diseño Dialux (figura 16):

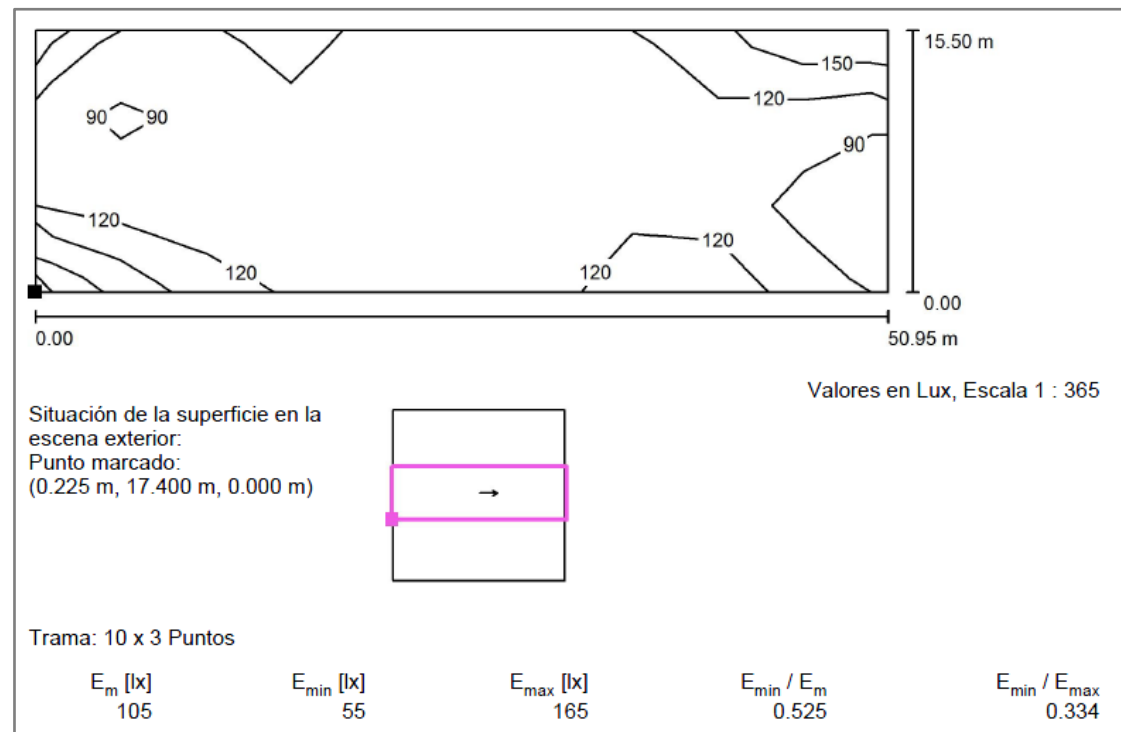


Imagen 16. Valores de iluminancia.

8.2. Iluminación de las pasarelas

La iluminación de las pasarelas se realiza mediante unos pasamanos iluminados con LEDs que iluminan ambas pasarelas hacia el interior con un ángulo de 56 grados. Debido a que la iluminación de la calzada no ilumina las pasarelas en su totalidad, ya que se encuentra separadas de la calzada (y la calzada se encuentra convenientemente iluminada con focos dispuestos sobre ambos arcos) se decide optar por la disposición de una serie de pasamanos de la casa DW Windsor. Este pasamanos contiene un LED Handrail con un ángulo de iluminación asimétrico hacia el interior de la pasarela de 56°. Las lámparas LED son ideales para este caso por sus reducidas dimensiones y su consumo eléctrico mínimo.

8.3. Iluminación de la calle

En la calle se opta por farolas colocadas frente a frente. La disposición de las luminarias, comprobaciones en cuanto a la normativa, dimensiones y características luminotécnicas se modelan mediante el programa Dialux.

Como se ha comentado, se colocan farolas frente a frente para que se iluminen todos los accesos y calles de forma homogénea e uniforme. Sin embargo, se potencia más la iluminación de la zona del puente (la calzada) ya que es lo que se pretende que resalte, quedando más estético y visual.

Finalmente quedan dispuestas de la siguiente forma:

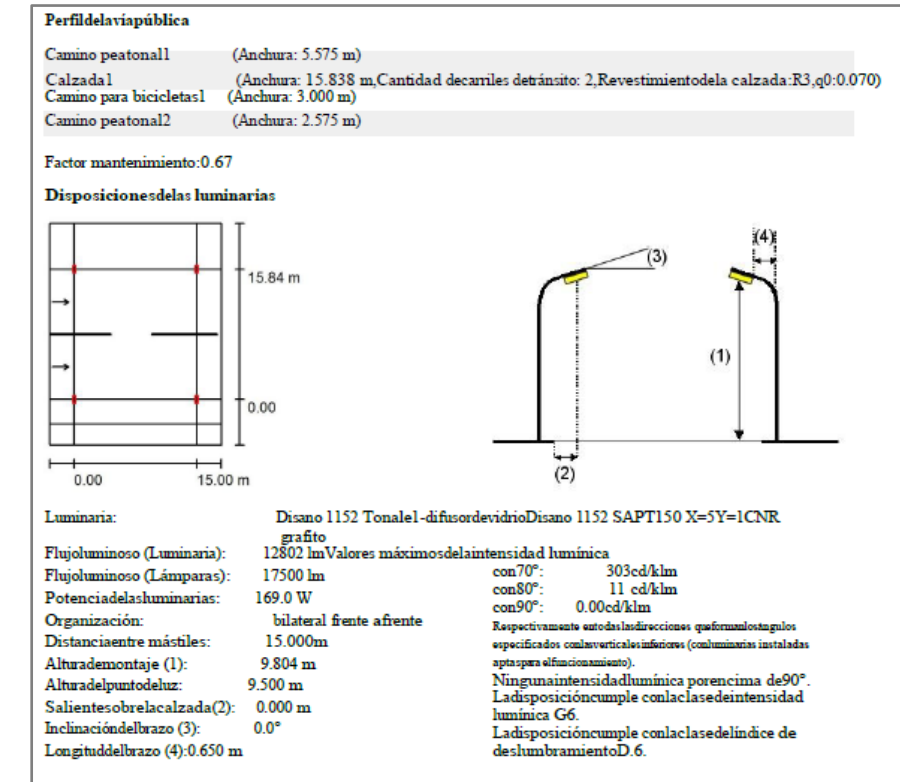


Imagen 17. Características y disposición de las luminarias de acceso al puente.

Se establecen una serie de farolas acordes al diseño y estética del puente de 9.804 m de altura. En la siguiente imagen se puede ver el diseño de farola elegido (imagen 18):

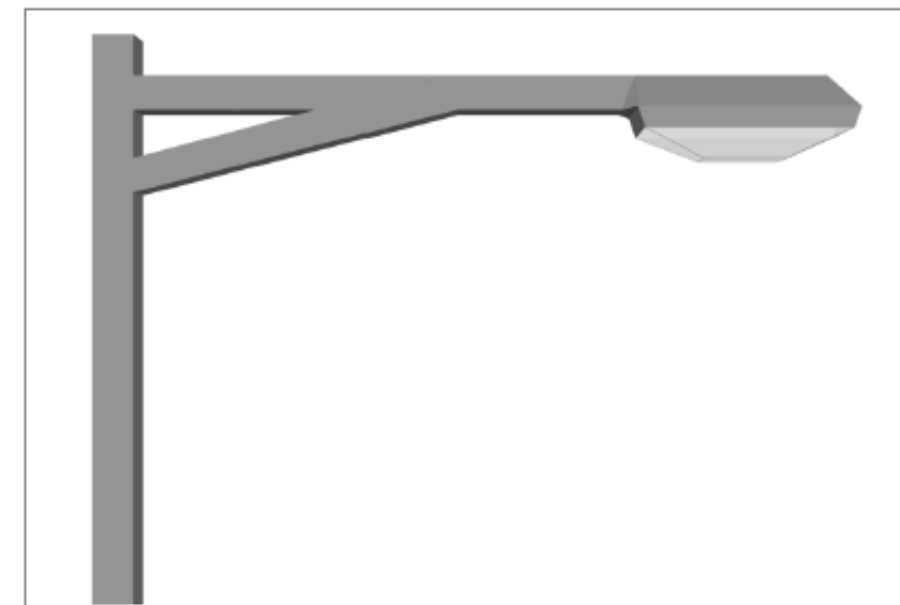


Imagen 18. Sección farola.

Como se puede observar, se verifican todos los parámetros:

| Lm(cd/m ²) | U0 | U1 | TI (%) | SR |
|------------------------|------|------|--------|------|
| 2.70 | 0.71 | 0.92 | 4 | 0.55 |

Tabla 9. Valores de los parámetros luminotécnicos

Finalmente se muestra una imagen 3D donde se puede ver la intensidad de iluminación de las luminarias (imagen 19), representada con colores falsos, de menor intensidad (azules) y mayor intensidad (naranja-rojo):

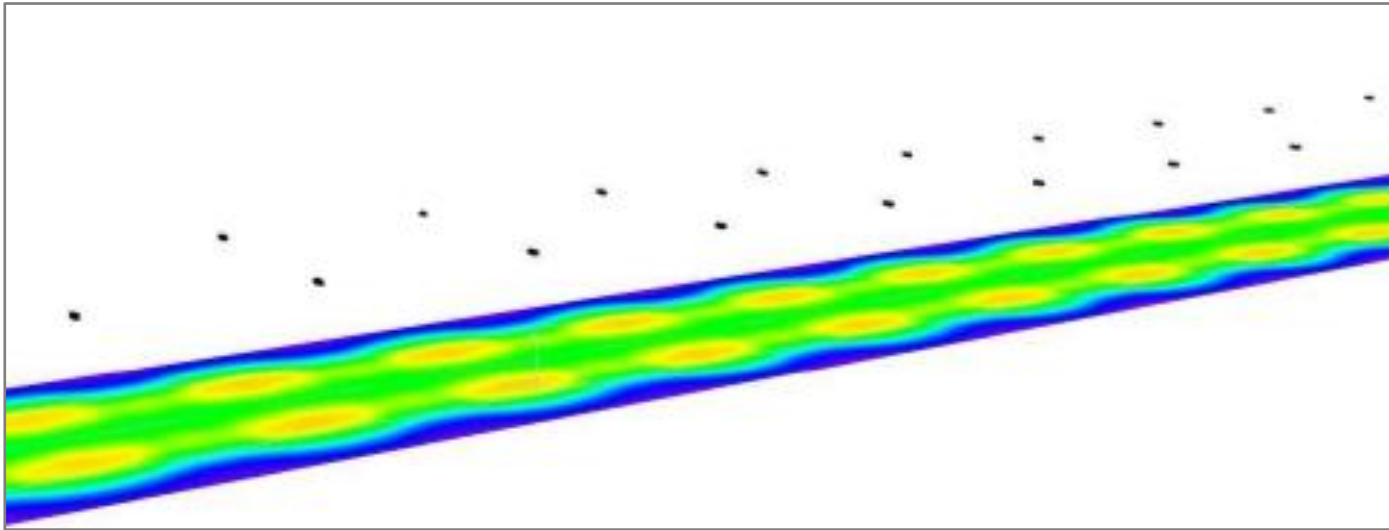


Imagen 19. Imagen 3D en colores falsos que representan la intensidad de iluminación. De menor intensidad (azul) a mayor (naranja-rojo).